

**Е. А. Гаевой^{1*}, Д. А. Романов¹, В. Е. Громов¹, Ю. Ф. Иванов²,
А. Д. Филяков¹, К. В. Соснин**

¹ Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

² Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск

*sir.nanotech@yandex.ru

ИЗНОСОСТОЙКИЕ НАПЛАВКИ НА КУЗОВА БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ

Методами современного физического материаловедения выполнены исследования структуры, фазового состава, дефектной субструктуры, механических и трибологических свойств покрытий, наплавленных на низкоуглеродистую сталь электродуговым методом в различных режимах за один и два прохода порошковыми (Fe—C—Nb—Cr—W) и (Fe—C—Ni—B) проволоками различного химического состава и модифицированных электронно-пучковой обработкой.

Ключевые слова: наплавка, износостойкая сталь, покрытие, структура, свойства.

**E. A. Gaevoi, D. A. Romanov, V. E. Gromov, Yu. F. Ivanov,
A. D. Filyakov, K. V. Sosnin**

WEAR-RESISTANT WELDINGS ON THE BODY OF LARGE-LOADED CARS AND BUCKET-EXCAVATORS

By methods of modern physical material science have been used to study the structure, phase composition, defect substructure, mechanical and tribological properties of coatings deposited on low-carbon steel by an arc method in various modes in one and two passes of powder (Fe—C—Nb—Cr—W) and (Fe—C—Ni—B) with wires of different chemical composition and modified by electron beam treatment.

Key words: surfacing, wear-resistant steel, coating, structure, properties.

Электродуговая наплавка (Fe—C—Cr—Nb—W) проволокой формирует независимо от количества проходов градиентную структуру, заключающуюся в закономерном изменении микротвердости, фазового состава и дефектной субструктуры модифицированного слоя материала. Микротвердость наплавленного слоя в 2 раза превышает микротвердость металла основы; износостойкость наплавленного металла превышает износостойкость стали Хардокс 450 в 140 раз при снижении коэффициента трения в 2—2,5 раза.

Повышенные физико-механические свойства наплавленного слоя обусловлены формированием многофазной субмикро- и наноразмерной структуры, упрочнение которой связано с наличием в мартенсите α -матрицы высокой объемной доли ($\approx 0,6$) включений карбидной фазы на основе железа, хрома, вольфрама и ниобия.

Наплавка, созданная Fe—C—Ni—B проволокой, формирует высокопрочный слой толщиной ≈ 7 мм с микротвердостью 10,5–12,5 ГПа при одном проходе и толщиной 10 мм с микротвердостью ≈ 15 ГПа при двойном, что в 2 и 3 раза, соответственно, выше микротвердости металла основы. Износостойкость наплавленного слоя в 2 раза выше износостойкости исходной стали, а коэффициент трения в 2,2 раза ниже.

При наплавке за один проход (Fe—C—Ni—B) проволокой формируется эвтектика пластинчатого типа, содержащая субмикронные бориды состава Fe_2B , а при двойном наплавленном слое — FeB. Формирование закаленной ультрамелкой мартенситной структуры α -фазы, высокая скалярная плотность дислокаций ($\sim 10^{11} \text{ см}^{-2}$), наличие большого количества изгибных экстинкционных контуров дают дополнительный вклад в повышенные механические и трибологические свойства.

Электронно-пучковая обработка слоя, наплавленного (Fe—C—Cr—Nb—W) проволокой, сопровождается: существенным уменьшением размеров зерен и частиц карбидных фаз, увеличением плотности включений карбидной фазы, изменением их морфологии. В совокупности это приводит к снижению коэффициента трения наплавленного слоя в зависимости от режима наплавки в 2–3 раза и увеличению износостойкости в 30–70 раз по отношению к износостойкости стали Хардокс 450.

Модифицирование наплавленного (Fe—C—Ni—B) проволокой слоя импульсной электронно-пучковой обработкой выявило увеличение более чем в 20 раз износостойкости и снижение коэффициента трения в 4 раза по отношению к исходной стали. Основными фазами поверхности наплавки является ультрамелкая дисперсная мартенситная структура α -фазы, карбобориды железа $\text{Fe}_3(\text{B}_{0.7}\text{C}_{0.3})$ и борид железа состава FeB_2 . Наплавленный слой состоит из фрагментированной (размеры фрагментов 30–10 нм) закаленной мартенситной структуры α -фазы с высокой скалярной плотностью сетчатой дислокационной субструктуры $\sim 10^{11} \text{ см}^{-2}$, высокопрочных боридов железа состава FeB и карбида бора состава B_4C . Такое высокодефектное многофазное состояние определяет высокий комплекс физико-механических свойств слоя после электронно-пучковой обработки.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Кемеровской области в рамках научного проекта № 18–48–420001 p_a